

Relatório técnico sobre o Programa de Monitorização dos Ecossistemas Terrestre e Estuarino na Envolvente à CTRSU de S. João da Talha

Fevereiro de 2012

L. S. Gordo, V. Brotas, M. Sim-Sim, M. J. Boavida, A. M. Ferreira, C. Garcia, T. Almeida, A. M. Neves, B. Paulo e R. Rebelo.

1. Introdução

A monitorização ambiental desempenha um papel fundamental para o acompanhamento da evolução dos ecossistemas e detecção de possíveis alterações ambientais. O estudo dos ecossistemas terrestres e estuarinos na envolvente à Central de Tratamentos de Resíduos Sólidos Urbanos (CTRSU) é disso exemplo. Para tal, procurou-se estabelecer um programa de monitorização que melhor se adaptasse à área de estudo, permitindo avaliar os efeitos sobre os ecossistemas em várias vertentes: flora epífita, flora vascular e aves (ambiente terrestre); fitoplâncton, zooplâncton, algas macrófitas, vegetação halófitas, macroinvertebrados e ictiofauna (ambiente estuarino). O primeiro ano de monitorização teve como principal objectivo a criação de valores de referência, correspondendo ao ano anterior à construção da CTRSU; todos os dados obtidos posteriormente foram comparados com os valores de referência. Nesta altura, temos uma série temporal de dados de 12 anos, que constitui um valioso património sobre o conhecimento dos ecossistemas terrestre e estuarino na área circundante à CTRSU.

No presente trabalho apenas serão apresentados os resultados de um número reduzido de componentes (flora epifítica, aves, fitoplâncton, zooplâncton, macroinvertebrados e ictiofauna).

2. Flora epifítica

A monitorização da flora epifíticas na zona envolvente à Central de Tratamento de Resíduos Sólidos e Urbanos (CTRSU) de São João da Talha, realizada ao longo de 2011, permitiu avaliar 33 estações de monitorização das 44 seleccionadas durante o primeiro ano, antes da CTRSU iniciar a sua actividade (Fig. 1). As características destas estações de amostragem da flora epifítica foram integradas em Sistemas de Informação Geográfica e numa base de dados, que tem sido anualmente actualizada.

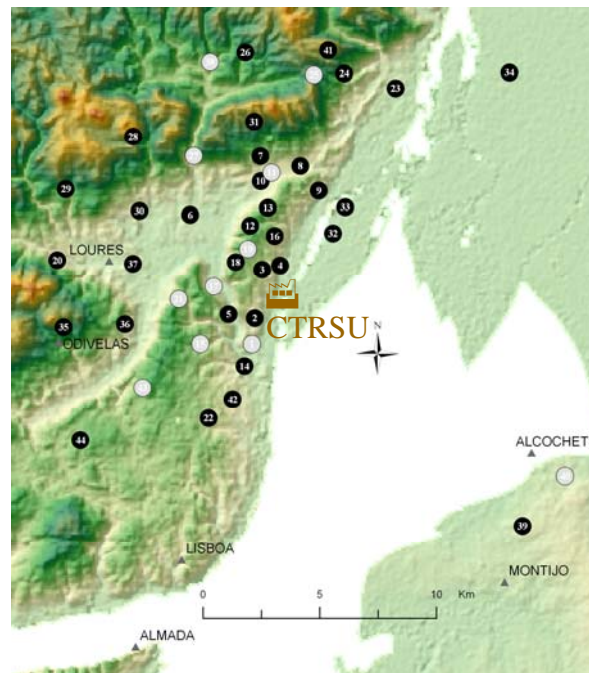


Figura 1. Localização dos levantamentos de flora epifítica na área envolvente à CTRSU da Valorsul. ● Estações de monitorização biológica da flora epifítica. ● Estações não monitorizadas nos anos de 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 e 2011.

A metodologia adoptada para a monitorização das comunidades criptogâmicas epifíticas seguiu exactamente os mesmos critérios dos anos anteriores. Em cada estação, a área de amostragem correspondeu sempre que possível a um mínimo de 10 árvores de *Olea europaea* L. onde se analisou a composição, vitalidade e área de cobertura das diferentes espécies criptogâmicas. Nas estações 32 e 33 devido à inexistência de árvores da espécie *Olea europaea* foram amostrados mióporos (*Myoporum acuminatum* R. Br.), e na estação 20 o carvalho português (*Quercus faginea* Lam.). Em cada local de amostragem identificou-se e registou-se, numa ficha de campo, o total de *taxa* presentes assim como o

valor de sociabilidade (Si) e vitalidade (Vi) para cada *taxon*, de acordo com as escalas quantitativas de Bento-Pereira & Sérgio (1983).

Representou-se numa folha de acetato a área ocupada por cada colónia de briófito ou líquene numa área previamente marcada (220 cm²), no forófito seleccionado, em cada uma das estações de amostragem. Nesse forófito foram inicialmente colocados identificadores adequados, de modo a permitir o reconhecimento da árvore seleccionada e facilitar a colocação do acetato em cada ano de monitorização. Esta metodologia tem permitido monitorizar a dinâmica das populações de briófitos e líquenes ao longo dos anos e a evolução da diversidade global destas comunidades na área em estudo.

No presente ano foram identificados 68 taxas de líquenes, mais um elemento que no ano passado (*Ramalina lusitanica* H. Magn., estação 5) e 25 taxas de briófitos (23 musgos e 2 hepáticas).

A Riqueza Florística (RF) manteve-se relativamente constante em relação aos anos anteriores, à excepção das estações 3, 5, 7, 20, 24, 30A e 41 em que se verificou um ligeiro aumento. Assim, nas estações 3 e 20 foi detectado *Pterogonium gracile* (Hedw.) Sm.; na estação 5 foram observados *Ramalina lusitanica* H. Magn e *Brachytheciastrum velutinum* (Hedw.) Ignatov & Huttunen; na estação 7 observou-se a hepática *Radula lindenbergiana* Gott. ex C. Hartm.; na estação 24 *Bryum capillare* Hedw. e *Ramalina canariensis* Steiner; na estação 30A a hepática *Frullania dilatata* (L.) Dum. e, por fim, no local de amostragem 41 foi observado *Teloschistes chrysophthalmus* (L.) Th. Fr., ao contrário do que se verificou em 2010. De todas as estações de monitorização, a estação número 20 (Loures: Quinta de Santa Marta) apresenta maior Riqueza Florística com 35 espécies, por seu lado, a estação 14 é a estação mais pobre apenas com 1 espécie de líquene e 2 espécies de briófitos.

Tal como se verificou para a RF, o Índice de Pureza Atmosférica (IPA), que tem em conta não só a presença de uma dada espécie no local de amostragem, mas também a cobertura da totalidade das colónias dessa mesma espécie nesse local não apresenta alterações relevantes, apenas ligeiras oscilações. Verificou-se um aumento do IPA em 17 locais (3, 5, 6, 7, 13B, 16, 20, 24, 26, 28, 30A, 31, 32, 33, 36, 41 e 42), um decréscimo em 4 (9, 23A, 34A e 44), e os valores mantiveram-se constantes nos restantes 10 locais (4B, 8, 10, 12, 14A, 22, 29, 35, 37A e 39). Em 2011, a estação 14A apresenta o valor de

IPA mais baixo, com 0.6., em contrapartida a estação de monitorização 20 apresenta o valor mais elevado com 12.2. Como seria de esperar, estas estações correspondem às estações com menor e maior RF, respectivamente.

2.1. Análise da zonação de regiões isocontaminadas

Na figura 2 pode visualizar-se a evolução da zonação das classes de RF, ao longo dos 12 anos de monitorização das comunidades criptogâmicas epifíticas (briófitos e líquenes) na zona envolvente à CTRSU de São João da Talha. Pode observar-se que desde o início da monitorização existem ligeiras modificações nas diferentes classes, no entanto, as zonas com valores mais elevados (a verde) e mais baixos (a castanho) mantêm-se na generalidade constantes. As oscilações observadas reflectem principalmente a dinâmica natural das populações e também o decréscimo no número de estações de amostragem, o que contribui para que as linhas de isocontaminação apresentem ligeiras modificações.

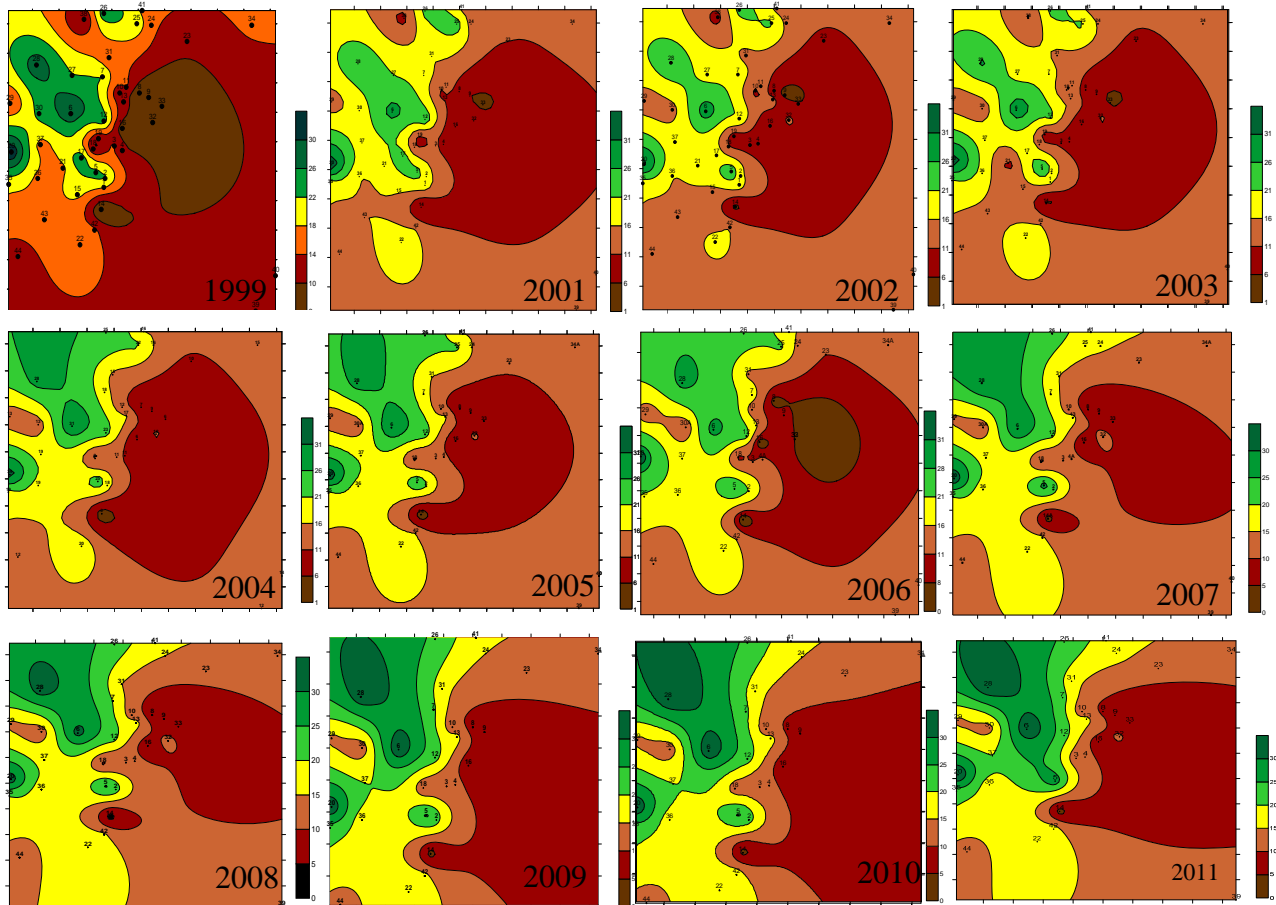


Figura. 2. Evolução do padrão de distribuição da zonação de classes de RF para cada estação de amostragem entre 1999 e 2011.

Por sua vez, na figura 3 pode visualizar-se a evolução da zonação das classes de IPA ao longo dos 12 anos de monitorização das comunidades criptogâmicas epifíticas (briófitos e líquenes) na zona envolvente à CTRSU de São João da Talha. Verificaram-se algumas alterações na distribuição das diferentes classes, resultantes das pequenas oscilações registadas nos locais de monitorização. Tal como foi referido para a zonação do RF, este facto deve-se principalmente à dinâmica natural das populações e ao decréscimo no número de estações de amostragem. Assim, as linhas de isocontaminação são ligeiramente diferentes não estando relacionadas com o agravamento da qualidade ambiental na área de estudo.

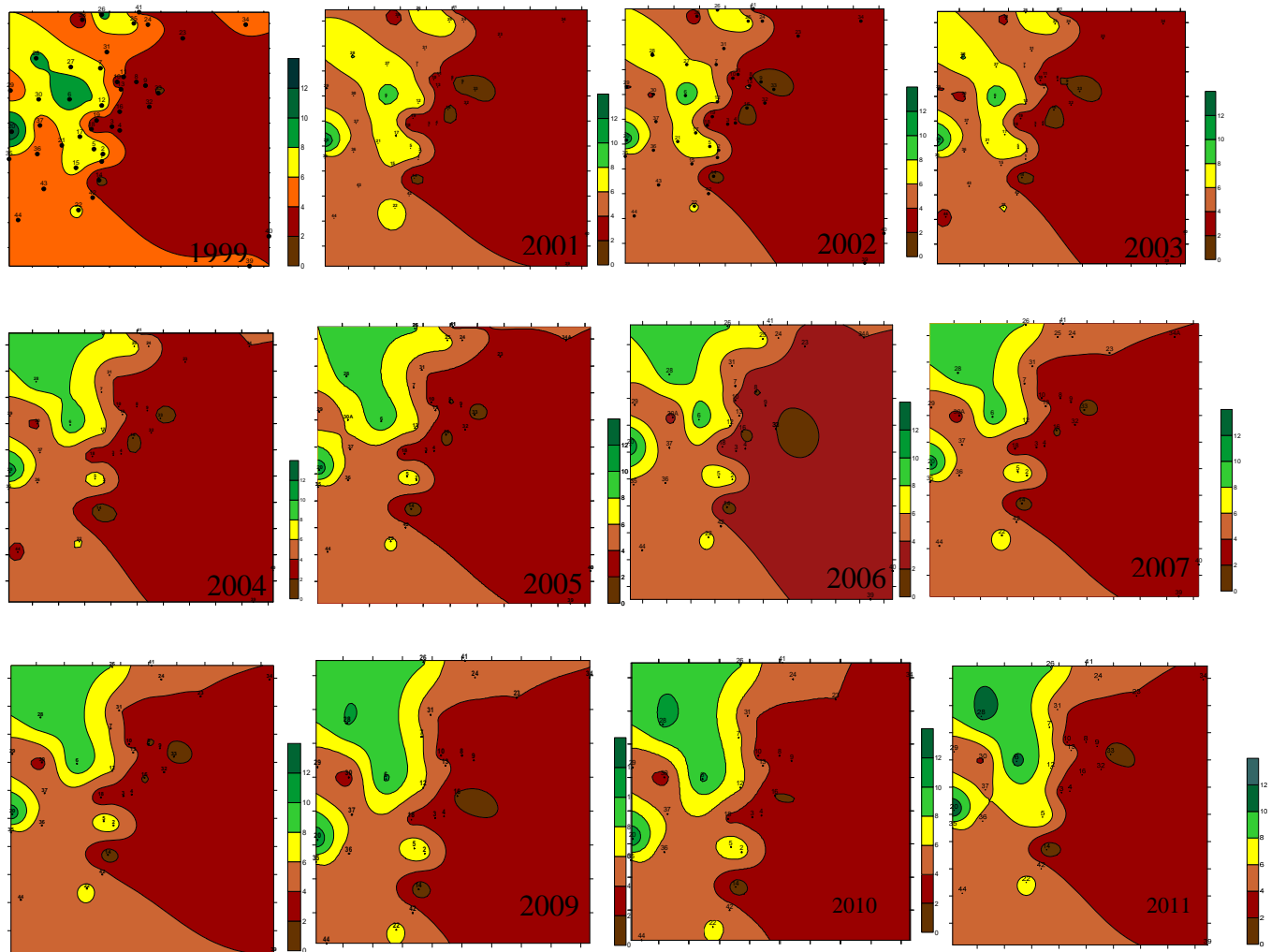


Figura 3. Evolução do padrão de distribuição da zonação de classes de IPA para cada estação de amostragem entre 1999 e 2011.

De um modo geral, as zonas a verde, que representam valores de RF e IPA mais elevados, predominam a NW da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos e Urbanos. Esta zona encontra-se relativamente distante das grandes unidades industriais, aglomerados urbanos e das principais vias de tráfego, onde ainda podem ser encontrados locais com vegetação semi-natural.

2.2. Análise da presença/ausência de alguns grupos funcionais

No presente ano foram analisados individualmente a cobertura alguns grupos funcionais da flora epifítica, isto é, grupo de organismos que respondem da mesma forma a determinadas variáveis ambientais ou mesmo a um determinado impacto. Assim, foram analisadas separadamente as coberturas de líquenes e briófitos. Dentro dos líquenes foram definidos três grupos funcionais tendo em conta a sua forma de vida (fruticulosos, foliáceos e crustáceos). Por sua vez, nos briófitos foram apresentados dois grupos funcionais tendo em conta as suas características morfológicas (hepáticas e musgos).

Líquenes fruticulosos

Os líquenes fruticulosos são de extrema importância para o processo de monitorização dos ecossistemas terrestres, por serem bastante sensíveis a alterações ambientais. São os primeiros líquenes a revelarem alterações, nomeadamente na redução da sua cobertura, frequência e fertilidade, podendo desaparecer quando as alterações ambientais são extremas (Basel, 1985; Carvalho *et al.*, 2002). Na zona envolvente à CTRSU estes líquenes não foram detectados na maioria das estações, o que indica uma baixa RF e um baixo IPA na maioria dos locais, o que seria de esperar por ser uma zona bastante humanizada e industrializada. No entanto, nas estações com maior número de espécies (RF) e com valores elevados de IPA, apresentam também coberturas mais elevadas de líquenes fruticulosos. Verificou-se em 2011 um aumento da cobertura destes líquenes em 7 estações de monitorização (5, 6, 7, 13B, 24, 31 e 41). É de realçar que na estação 24 se verificou o aparecimento da *Ramalina canariensis* Steiner e na estação 41 de *Teloschistes chrysophthalmus* (L.) Th. Fr. As estações 6 e 20 apresentam os valores mais elevados de cobertura total destes líquenes.

Líquenes foliáceos

Os líquenes foliáceos são considerados mediantemente sensíveis às condições ambientais, em especial diversas espécies de *Parmelia* sp. e *Nephroma laevigatum* Ach. Na área de estudo este grupo funcional revela uma ocorrência considerável, com alguns dos seus elementos presentes em diversas estações de amostragem.

Em 2011 observou-se pequenas oscilações da cobertura total em 4 locais de monitorização. Nas estações 16 e 33, verificou-se um pequeno aumento, enquanto os locais 24 e 34A revelaram um decréscimo na cobertura das espécies foliáceas. Em ambos os casos as alterações podem considerar-se pequenas e por conseguinte pouco significativas. Assim, e tal como acontece com os líquenes fruticulosos, estações 6 e 20 são as que apresentam uma maior cobertura total.

Líquenes crustáceos

Os líquenes crustáceos devido à suas características biológicas particulares apresentam uma elevada resistência a alterações ambientais. Ocorrem com frequência em zonas onde não se desenvolvem outras espécies mais sensíveis, pelo que tendem a apresentar elevada cobertura e frequência em locais mais poluídos, por falta de competição com outras formas de vida menos resistentes. Estes organismos são também designados por pioneiros pois, tal como o nome indica, são os primeiros a ocupar um dado habitat, neste caso de estudo, o ritidoma das árvores.

Em 2011 verificou-se novamente ligeiras alterações nos valores de cobertura total. Nas estações 13B e 30A a cobertura de líquenes crustáceos revelou um ligeiro aumento. Ao contrário do que se verificou com os líquenes foliáceos e fruticulosos, os líquenes crustáceos não apresentam maior cobertura nas estações com maior RF e IPA. De referir, que estes líquenes podem ser observados em todas as estações de monitorização, sem excepção. Embora as alterações detectadas possam ser consideradas pouco significativas, é de notar que aumentos progressivos da cobertura dos líquenes com esta forma de vida poderá ser um indício de um agravamento da qualidade ambiental, e um alerta para um acompanhamento rigoroso de tais locais.

Musgos

Os musgos são o grupo funcional que apresenta um maior número de variações relativamente à cobertura total. Verificou-se que em 4 locais de monitorização (9, 23A, 9 e 27) ocorreu um decréscimo na cobertura dos musgos, em 15 estações (3, 5, 6, 7, 16, 20, 24, 26, 28, 30A, 31, 32, 36, 41 e 42) ocorreu um ligeiro aumento, o qual foi mais evidente nos locais 3, 5, 20, 24 e 36. Para estes aumentos contribuiu o aparecimento de *Pterogonium gracile* (Hedw.) Sm. nas estações 3 e 20, *Brachytheciastrum velutinum* (Hedw.) Ignatov & Huttunen na estação 5, e *Bryum capillare* Hedw. na estação 24.

Embora tenham ocorrido diversas alterações nos valores da cobertura dos musgos em inúmeras estações, mais uma vez, não significa uma alteração da qualidade ambiental, mas sim o resultado da dinâmica natural destes organismos, que são influenciados pelas condições climáticas.

Hepáticas

As hepáticas constituem um grupo de briófitos bastante vulnerável a alterações ambientais, nomeadamente à poluição atmosférica. Qualquer alteração que ocorra no meio ambiente, nomeadamente luminosidade, temperatura, humidade, entre outras variáveis reflecte-se num decréscimo de cobertura das colónias, diminuição da sua frequência e posterior perda da capacidade de se reproduzirem sexuadamente. Em 2011 verificou-se alterações da cobertura em 5 estações. Deste modo a cobertura das hepáticas aumentou nas estações 6, 31 e 36 enquanto que nas estações 7 e 30A ocorreu o aparecimento de *Radula lindenbergiana* Gott. ex C. Hartm. e de *Frullania dilatata* (L.) Dum., respectivamente.

2.3. Zonas de qualidade ambiental da região envolvente à CTRSU

No presente ano efectuou-se novamente a avaliação da qualidade ambiental nas estações de monitorização em torno da CTRSU (Tab.1). Apresenta-se uma classificação em três classes (fraca, intermédia e boa) com base no valor do IPA de cada local de amostragem. Utilizaram-se apenas os valores de IPA uma vez que estes contabilizam a presença e a cobertura de uma dada espécie, ao invés da RF que considera apenas o número de

espécies em cada local de amostragem. Durante o ano de 2011, verificou-se pequenas alterações nos valores de IPA comparativamente ao ano anterior. No entanto, apenas o local 5 transitou da classe: qualidade ambiental intermédia para a classe: qualidade ambiental boa, devido ao aparecimento das espécies, *Brachytheciastrum velutinum* (Hedw.) Ignatov e Huttunen e *Ramalina lusitanica* H. Magn.

Tabela 1. Zonas de qualidade ambiental da área em estudo para 2011.

Zonas de qualidade do ar	Fraca IPA ≤ 4	Intermédia 4 < IPA < 8	Boa IPA ≥ 8
Estações de amostragem	3; 4B; 8; 9; 10; 14A; 16; 23A; 30A; 32; 33; 34A; 39	7; 12; 13B; 22; 24; 29; 31; 35; 36; 37A; 41; 42; 44	5; 6; 20; 26; 28
Espécies dominantes	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Orthotrichum diaphanum</i> - <i>Syntrichia laevipila</i> (com gemas) - <i>Diploicia canescens</i> - <i>Lecanora</i> sp. - <i>Physcia tenella</i> - <i>Xanthoria parietina</i> - <i>Schimatomma decolorans</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Homalothecium sericeum</i> (estéril) - <i>Pterogonium gracile</i> (estéril) - <i>Zygodon rupestris</i> - <i>Frullania dilatata</i> - <i>Candelariella xanthostigma</i> - <i>Hyperphyscia adglutinata</i> - <i>Hypocenomyce stoebadiana</i> - <i>Flavoparmelia caperata</i> - <i>Parmotrema reticulatum</i> - <i>Pertusaria</i> sp. - <i>Physcia adscendens</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Cryphaea heteromalla</i> - <i>Homalothecium sericeum</i> (fértil) - <i>Leptodon smithii</i> - <i>Leucodon sciuroides</i> - <i>Pterogonium gracile</i> (fértil) - <i>Radula lindenbergiana</i> - <i>Parmelia</i> sp. - <i>Ramalina</i> sp.

Qualidade Ambiental Fraca

As estações de monitorização com valores de IPA inferiores ou iguais a 4 foram classificadas como possuindo uma qualidade ambiental fraca. Deste modo, foram classificadas 13 estações de monitorização (3, 4B, 8, 9, 10, 14A, 16, 23A, 30A, 32, 33, 34A, 39), o que corresponde a 42% do total das estações analisadas. Como seria de esperar estas estações correspondem às estações com menor Riqueza Florística. Nessas estações apenas foram identificadas espécies resistentes à poluição, como é o caso da maioria dos líquenes crustáceos (*Diploicia canescens* (Dickson) Massal., *Lecanora* sp. e *Schismatoma decolorans* (Sm.) Clauz. & Vezda) e de alguns líquenes fruticulosos (*Physcia tenella* (Scop.) DC., *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr.). Relativamente aos

musgos, dominam as espécies como *Orthotrichum diaphanum* Brid. e *Syntrichia laevipila* Brid (com gemas).

Qualidade Ambiental Intermédia

As estações de monitorização com valores de IPA entre 4 e 8 foram classificados como possuindo uma qualidade ambiental intermédia. Nesta classe, foram incluídas 13 estações de monitorização (7, 12, 13B, 22, 24, 29, 31, 35, 36, 37A, 41, 42, 44), o que corresponde a 42% do total das estações analisadas. Este compreende maioritariamente as espécies moderadamente resistentes a poluição ambiental. Na sua maioria líquenes crustáceos como *Candelariella xanthostigma* (Ach.) Lettau, *Hypocenomyce stoechadiana* Abbassi Maaf et Roux e *Parmotrema reticulatum* Abbassi Maaf et Roux; líquenes foliáceos como *Hyperphyscia adglutinata* (Florke) Mayrh. et Poelt, *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale, *Parmotrema reticulatum* Taylor M Choisy e *Physcia adscendens* (Fr.) H. Olivier; e ainda líquenes fruticulosos como espécies do género *Ramalina*, mas sempre sem apresentarem frutificação. Nesta classe são ainda representativos os musgos como *Homalothecium sericeum* (Hedw.) B., S. & G., *Pterogonium gracile* (Hedw.) Sm. e *Zygodon rupestris* (Hartm.) Milde que na sua maioria se encontravam estéreis. Comparativamente com o ano de 2010 verificou-se que a estação número 5 transitou para outra classe, nomeadamente a classe: qualidade ambiental boa.

Qualidade Ambiental Boa

As estações de monitorização com valores de IPA iguais ou superiores a 8 foram classificados como possuindo uma qualidade ambiental boa. Nesta classe foram incluídas 5 estações de monitorização (5, 6, 20, 26 e 28), o que corresponde a 16% das estações monitorizadas. Comparativamente com o ano de 2010, verificou-se a presença de mais uma estação de monitorização, a estação número 5. Nesta classe observaram-se maioritariamente espécies sensíveis à poluição atmosférica, que desenvolviam colónias com elevada cobertura e com estruturas reprodutivas. Foram observados principalmente os musgos como *Cryphaea heteromalla* (Hedw.) Mohr, *Homalothecium sericeum* (Hedw.) B., S. & G., *Leptodon smithii* (Hedw.) Web. & Mohr., *Leucodon sciuroides* (Hedw.) Schwaegr. e *Pterogonium gracile* (Hedw.) Sm., na sua maioria férteis. *Radula*

lindenbergiana Gott. ex C. Hartm. pode ser considerada a hepática mais representativa nestes locais. No grupo dos líquenes observaram-se diversas espécies de *Parmelia* sp. e de *Ramalina* sp., com formas de vida do tipo foliáceo e fruticuloso, respectivamente.

Conclusões

O estudo das comunidades epifíticas de briófitos e líquenes na região envolvente à CTRSU de São João da Talha tem-se revelado muito apropriado para o projecto de monitorização ambiental. Através da presença/ausência de espécies ou grupos de espécies (grupos funcionais) bem como a sua estratégia de vida aliado ao conhecimento da sua sensibilidade ou tolerância às alterações ambientais tem sido possível avaliar a qualidade ambiental da região.

Durante o ano de 2011 verificaram-se diversas oscilações nos valores de RF e de IPA. Estas alterações estão associadas essencialmente à dinâmica natural das espécies e variação climática e não a uma degradação das condições ambientais da área de estudo.

Os resultados obtidos evidenciam uma estabilidade da qualidade ambiental na zona envolvente a CTRSU. As comunidades epifíticas apesar de não se desenvolverem em condições óptimas, por se tratar de uma região de elevada densidade populacional e industrial, apresentam uma diversidade média, o que é raro noutras cidades da Europa com valores semelhantes para a densidade populacional e uma actividade industrial idêntica.

3. Vertebrados terrestres

3.1. Transectos Terrestres

Os trabalhos de monitorização da fauna de vertebrados dos ecossistemas terrestres contemplam a monitorização da comunidade de aves de rapina diurnas em áreas do Parque Natural do Estuário do Tejo (PNET) próximas da CTRSU.

A figura 4 apresenta os resultados das contagens das cinco espécies de aves de rapina mais comuns no PNET nos meses de Dezembro/ Janeiro desde o início dos trabalhos de monitorização.

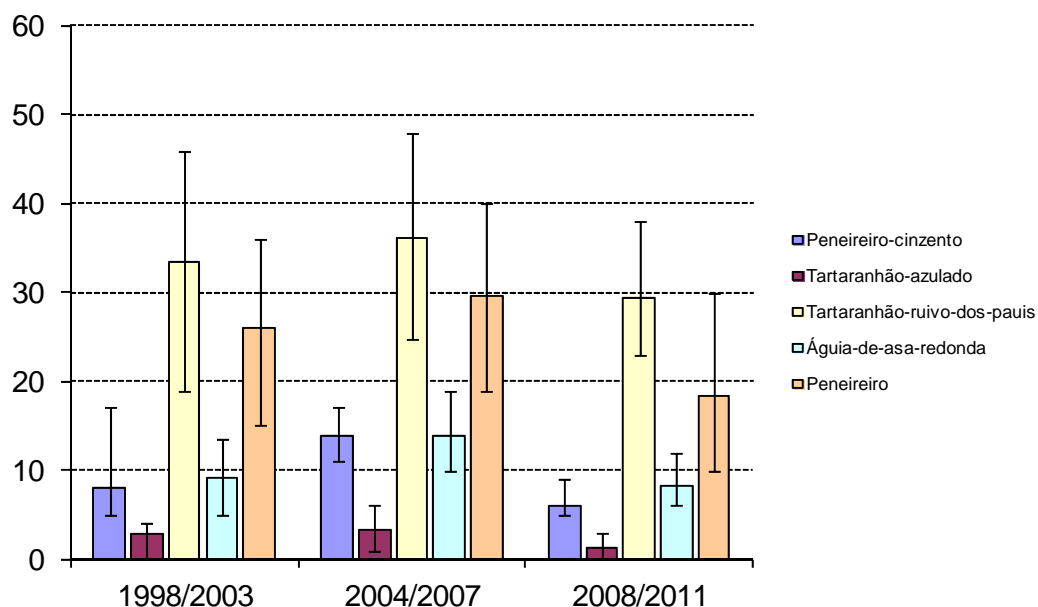


Figura 4. Contagens das aves de rapina mais comuns no transecto T3 – Parque Natural do Estuário do Tejo - na época de Dezembro/ Janeiro. As barras a cheio indicam os valores médios e as barras de erro indicam os censos máximos e mínimos de cada espécie em cada um dos tetraénios.

O gráfico revela que a comunidade de aves de rapina que inverte no PNET se tem mantido muito semelhante ao longo de todo o programa de monitorização, apesar de uma grande variabilidade interanual. Quatro destas espécies - tartaranhão-ruivo-dos-pauis, peneireiro, peneireiro-cinzento e águia-de-asa-redonda - são residentes no nosso país, estando assim expostas durante todo o ano às condições locais. Os resultados apontam assim para uma manutenção dos efectivos invernantes, se bem que haja uma aparente diminuição das duas espécies de peneireiro durante os últimos quatro anos.

3.2. Sectores de contagem de avifauna estuarina

As contagens são efectuadas em dois grupos de sectores - três sectores próximos da CTRSU (margem direita) e dois sectores situados na região menos intervencionada e com menor perturbação humana do PNET (margem esquerda).

A figura 5 mostra os efectivos médios de duas espécies muito conspícuas e de interesse conservacionista, que se alimentam nas areias e vasas intermareais do estuário - o

flamingo, *Phoenicopterus ruber* e o alfaiate, *Recurvirostra avosetta* – censados nas duas margens do estuário ao longo do programa de monitorização.

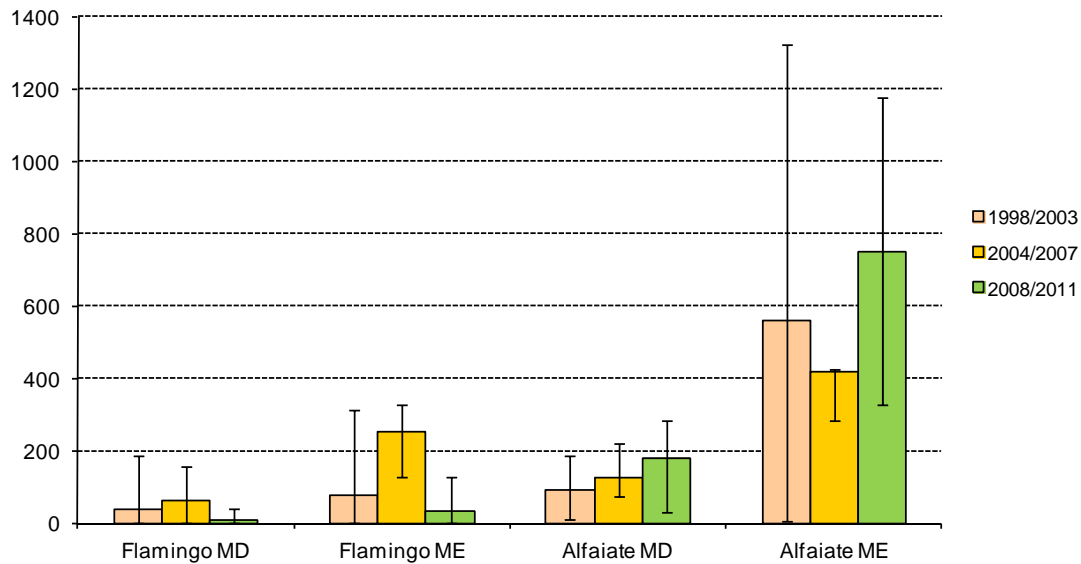


Figura 5. Número de flamingos e alfaiaes censados no estuário nos meses de Dezembro e Janeiro durante o programa de monitorização. MD – margem direita; ME – margem esquerda. As barras a cheio indicam os valores médios e as barras de erro indicam os censos máximos e mínimos de cada espécie em cada um dos tetraénios.

As flutuações interanuais são, nestas espécies migradoras, muito mais marcadas que para as rapinas censadas no transecto terrestre, o que está relacionado com as variações interanuais na qualidade dos vários locais de invernada na Europa do Sul por onde as populações invernantes destas espécies se dispersam em cada Inverno.

Ambas as espécies apresentam efectivos mais elevados na margem esquerda, a menos intervencionada do estuário e as flutuações anuais observadas na margem direita do estuário acompanham as observadas na margem esquerda. Nos meses de Dezembro e Janeiro dos três últimos anos não foi observado nenhum flamingo nos sectores de contagem. Esta situação pode corresponder a uma chegada mais tardia das aves invernantes, mas é mais provável que seja o resultado da escolha de outras zonas do estuário para a sua alimentação, uma vez que os efectivos censados junto à Ponte Vasco da Gama têm-se mantido nos últimos anos (R. Rebelo, *obs. pess.*). A diminuição do uso

de algumas regiões do estuário pode estar relacionada com a diminuição da concentração de fitoplâncton que foi descrita recentemente (cf. Ponto 4) e que pode levar as aves a procurar regiões mais produtivas. No entanto, esta é uma questão ainda não esclarecida.

4. Fitoplâncton e Zooplâncton

O fitoplâncton é considerado uma comunidade chave nos ecossistemas estuarinos, dado que responde rapidamente a alterações ambientais. O seu crescimento depende da luz, dos nutrientes e da estabilidade da coluna de água. No estuário do Tejo, os nutrientes como os nitratos e silicatos chegam ao estuário principalmente por via fluvial, enquanto os fosfatos são renovados através da ressuspensão dos sedimentos. O zooplâncton é constituído por pequenos animais pertencentes a vários grupos e cuja deslocação depende das correntes. Muitos destes organismos efectuem migrações verticais na coluna de água, que dependem das marés e da alternância dia/noite. Alguns destes animais vivem toda a sua vida no plâncton, sendo verdadeiramente planctónicos, e outros apenas durante uma parte do seu ciclo de vida, geralmente na fase larvar. A importância destes organismos nos ecossistemas aquáticos obriga a um conhecimento das suas populações e da sua relação com a disponibilidade de alimento (fitoplâncton em grande parte) e a comunidade de peixes, a quem por seu turno servem de alimento.

A recolha de amostras para o estudo das comunidades de Fitoplâncton e Zooplâncton foi efectuada em situação de maré morta, em preia-mar, no início da vazante, nas 3 estações situadas na área envolvente à CTRSU. Nos primeiros anos do projecto as colheitas eram mensais, nos anos mais recentes foram reduzidas para um total entre 6 a 10 colheitas por ano.

No presente relatório apresenta-se a série de dados, desde 1999 até ao final de 2011. A Figura 6 ilustra os valores mensais de Clorofila a obtidos em todas as estações (gráfico de topo) e o desvio em relação à média total dos valores médios anuais (gráfico inferior). Parece haver um decréscimo da clorofila a, índice de biomassa do Fitoplâncton, desde 2005 até ao presente. Este decréscimo pode estar relacionado com a introdução da ameijoja-japonesa (*Ruditapes philippinarum*) no estuário do Tejo, que teve recentemente

uma explosão demográfica (Gaspar, 2010). Com efeito, sendo um bivalve filtrador, a ameijoia pode ser responsável pela diminuição de biomassa fitoplanctónica observada. A ameijoia japonesa é uma espécie exótica, cuja apanha é ilegal; deste modo, não temos meios de testar esta hipótese, dado que não existem dados temporais de abundância ou de esforço de pesca.

No entanto, apesar desta tendência verificada na biomassa, a comunidade, nos últimos anos, mantém-se semelhante aos anos até 2005. Nomeadamente, as diatomáceas continuam a ser o grupo taxonómico dominante, enquanto os grupos taxonómicos potencialmente causadores de fenómenos de “blooms” nocivos, isto é, os dinoflagelados e as cianobactérias, mantêm-se em concentrações reduzidas.

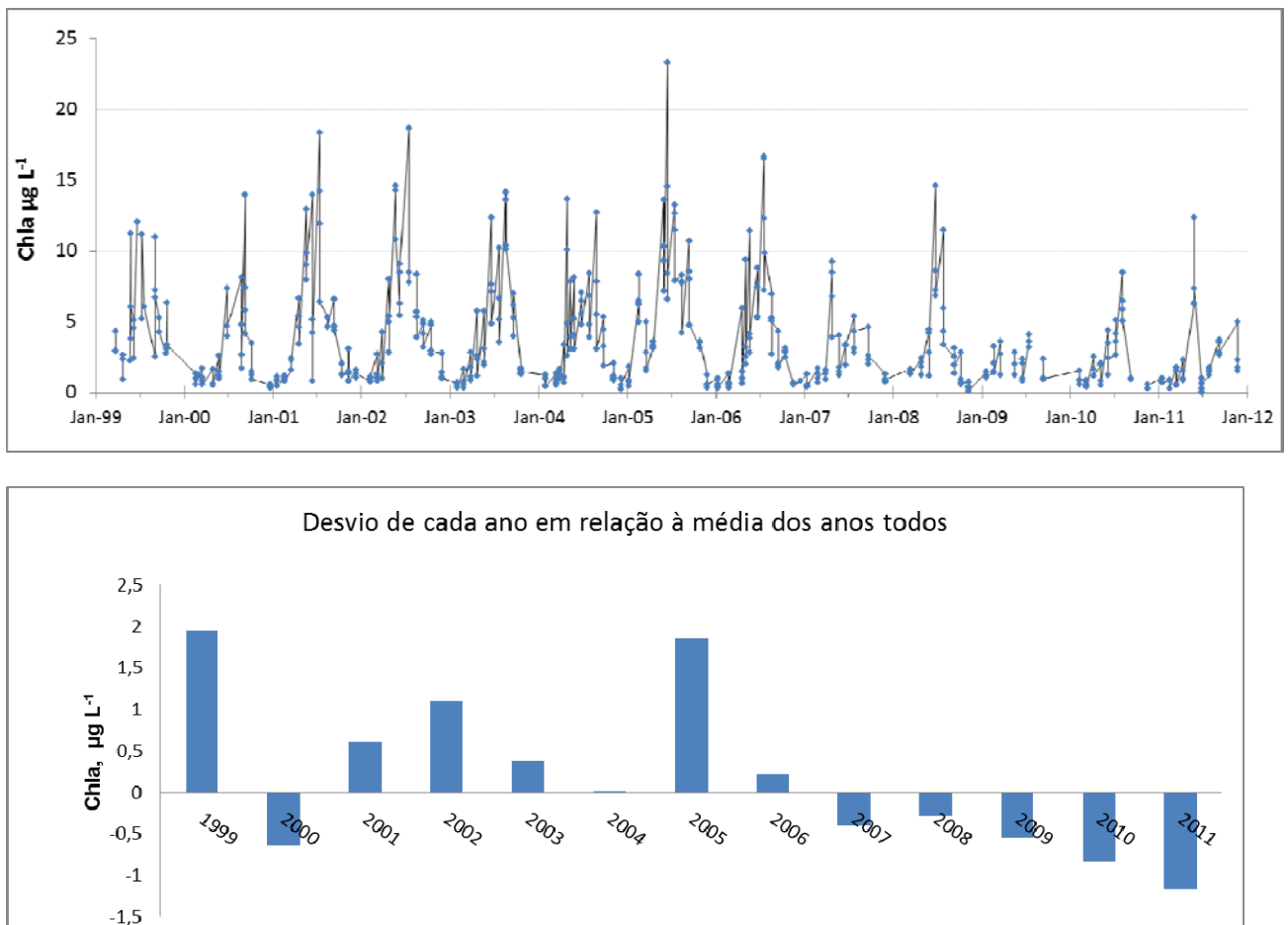


Figura 6. Série total de resultados dos valores de clorofila *a* (índice de biomassa para o Fitoplâncton), para as estações estudadas (gráfico de cima). Desvio de cada valor da média anual em relação á média dos valores dos anos todos (gráfico de baixo).

Em relação à densidade de Zooplâncton, observa-se que, ao longo deste período de monitorização, houve aumentos de densidade significativos por volta dos anos de 2004 e 2006, tendo os valores voltado a baixar, embora para valores ligeiramente mais elevados, a partir de 2006 e até ao presente. Como muito do Zooplâncton é herbívoro, os valores baixos de densidade a partir de 2006 podem estar relacionados com os valores também mais baixos de clorofila *a*, excepto a partir de 2010, em que voltou a observar-se um acréscimo na densidade do Zooplâncton. Muitos zooplanctontes podem tornar-se detritívoros se não houver algas, pelo que essa poderá ser uma alternativa alimentar que explique estes valores mais elevados da densidade.

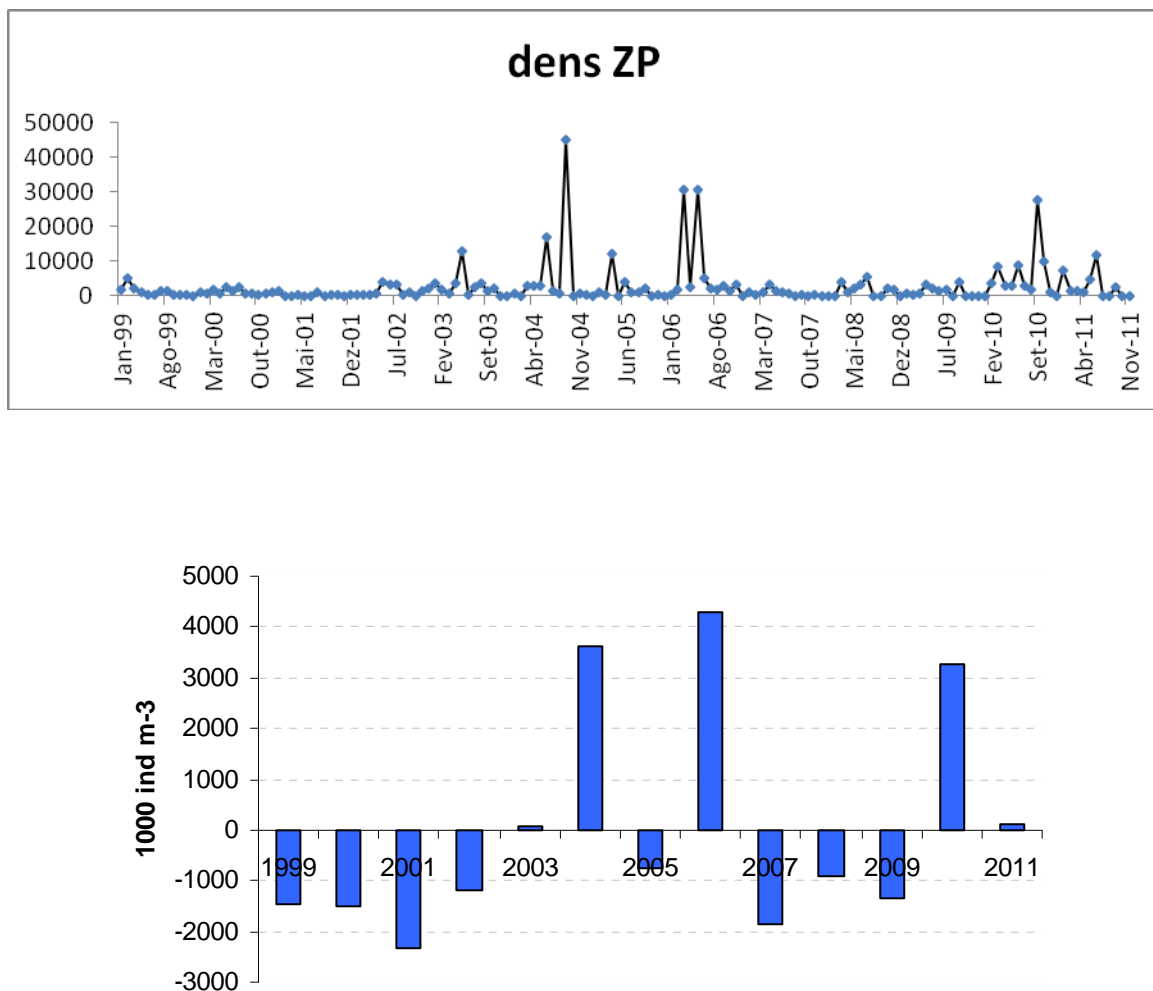


Figura 7. Série total dos resultados da densidade do Zooplankton (número de indivíduos m⁻³), para as estações estudadas (gráfico de cima). Desvio da densidade média anual de Zooplâncton em relação à média anual do período monitorizado (1999-2011).

Os desvios observados em relação à média dos valores anuais são muito elevados e positivos nos anos em que a densidade foi extremamente elevada, como seria de esperar. Não se observa uma tendência nos desvios em relação à média anual. No ano transacto o desvio foi muito pequeno e positivo, enquanto em 2010 tinha sido elevado e também positivo.

5. Macroinvertebrados e ictiofauna

As comunidades de macroinvertebrados bentónicos são extremamente influenciadas pelo tipo de substrato existente pelo que é fundamental analisá-lo. A figura 8 mostra a composição do teor de vasa encontrado nos últimos doze anos de monitorização para as várias estações de amostragem. Pode constatar-se que as estações 2, 4 e 5 (situadas na Cala Norte) são as que apresentam menor variação, tendo um teor de vasa que ultrapassa sempre os 90%. As estações 1 e 3, situadas fora da Cala Norte, registaram a maior variabilidade que, no caso da primeira, sofreu oscilações interanuais bastante acentuadas que evidenciam a forte dinâmica estuarina que é mais acentuada nesta região.

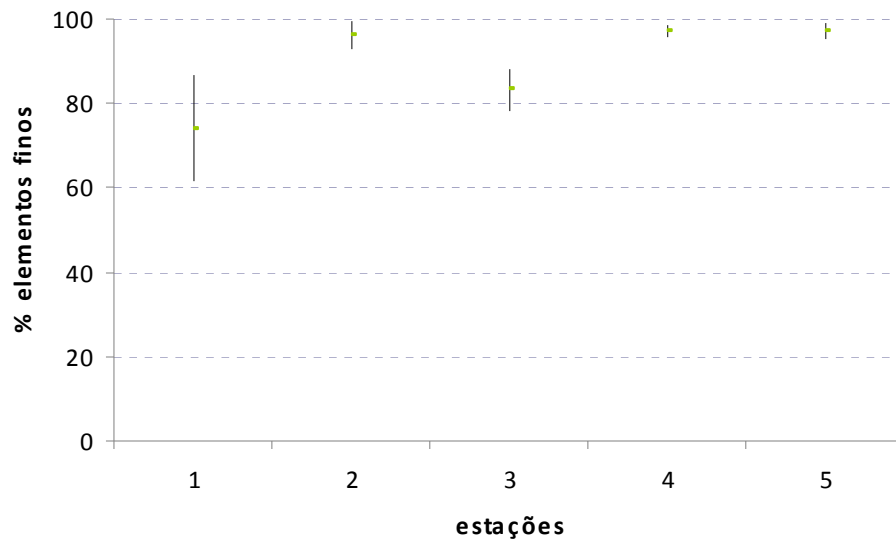


Figura 8. Composição (média e desvio padrão) de elementos finos (vasa) por estação de amostragem e para o período de 1999 a 2011.

A comunidade endofaunística tem sofrido oscilações anuais desde 1999 até ao presente mas tem-se registado uma tendência para um aumento em relação à média desde 2005 (Figura 9). A estação 1 com um sedimento mais diversificado, ou seja, com menor componente vasosa tem sido a maior responsável por este aumento. Tal como em anos

anteriores, a comunidade foi dominada por poliquetas, particularmente das espécies *Streblospio shrubsolii* e *Hediste diversicolor*, conotadas por preferirem ambientes ricos em matéria orgânica e apresentarem uma boa resistência a diversos tipos de distúrbios. Estes poliquetas alimentam-se de partículas depositadas no substrato, destabilizando os sedimentos coesivos do mesmo, por alterar o tamanho das partículas e aumentar o conteúdo em água.

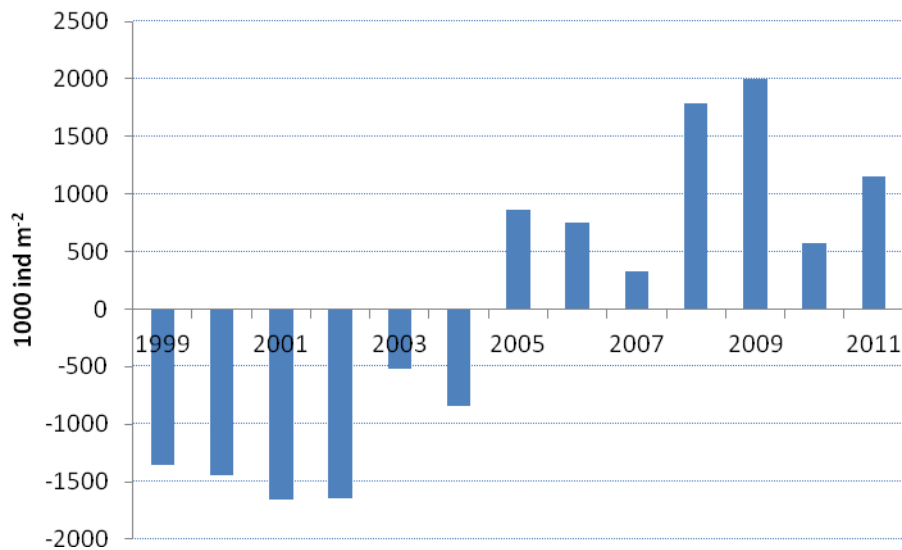


Figura 9. Desvio da densidade média anual (número de indivíduos m⁻²) da endofauna em relação à média do período monitorizado (1999-2011).

O estado de perturbação das comunidades tem sido avaliado através do método ABC (Abundance and Biomass Comparison, Warwick, 1986). De uma maneira geral, sempre que os valores de biomassa são superiores aos de densidade, então a comunidade encontra-se num estado de não perturbação. É precisamente esta situação que se tem verificado nas estações de amostragem desde 2003, ano em que ocorreram duas situações de perturbação moderada (estações 4 e 5) como está exemplificado na figura 10. No entanto convém realçar que os elevados valores de biomassa são obtidos pela presença de uma espécie (e não por várias como seria desejável se estivéssemos face a uma comunidade em condições normais de equilíbrio) de bivalves que só por si representa sempre mais de 90% deste parâmetro. Por outro lado, o número de espécies presentes na zona é baixo e a comunidade é dominada por espécies de grande resistência à poluição

como é o caso dos poliquetas *S. shrubsolii* e *H. diversicolor* e dos Oligochaeta (cf. Relatório anual de Outubro de 2011), dados que devem ser tomados em consideração numa avaliação global do estado de perturbação das comunidades.

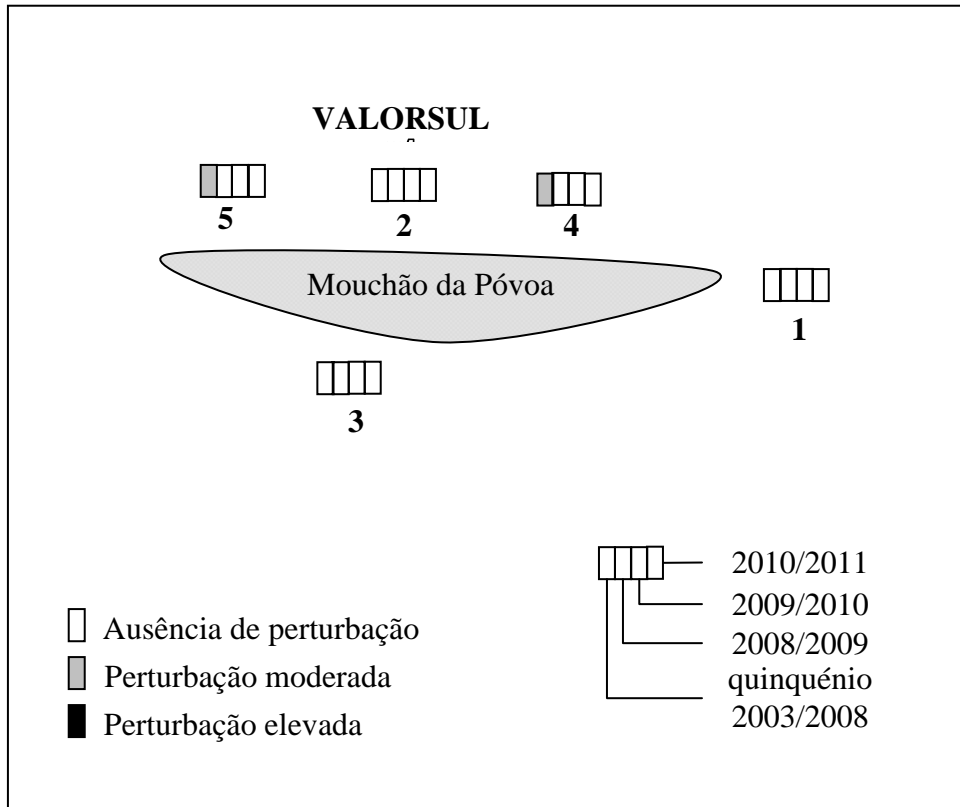


Figura 10. Comparação do estado de degradação de cada estação de amostragem entre os anos de 2003e 2011.

A comunidade epifaunística tem sido dominada por duas espécies de crustáceos decápodes: o camarão-mouro, *Crangon crangon* e o caranguejo-verde *Carcinus maenas*. As figuras 11 e 12 apresentam os desvios da densidade média anual (número de indivíduos m^{-2}) em relação à média do período monitorizado (1999-2011), respectivamente do camarão-mouro e do caranguejo-verde. Em ambas as figuras se nota um período de maior densidade correspondente aos anos de 2004 a 2006/2007 contrastando com dois períodos de menor densidade, 1999-2003 e 2008-2010. Este aumento de densidade resulta muito provavelmente de excelentes condições ambientais que proporcionaram um aumento do fitoplâncton e zooplâncton (cf ponto 4), aumento esse que se veio a reflectir na teia trófica do estuário do Tejo. Com efeito, o Zooplâncton

constitui um dos itens alimentares preferenciais do camarão-mouro que, por sua vez, é uma presa para o caranguejo-verde.

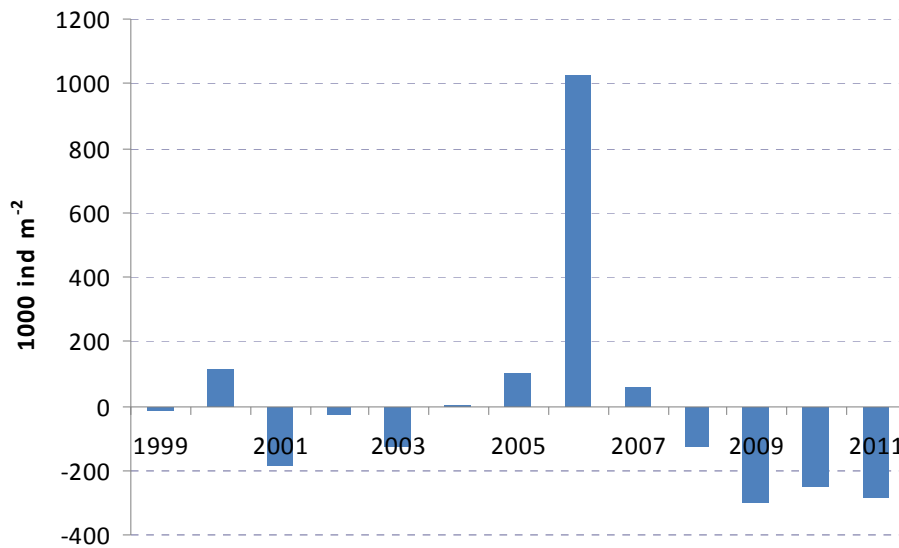


Figura 11. Desvio da densidade média anual (número de indivíduos m⁻²) do camarão-mouro, *Crangon crangon* em relação à média do período monitorizado (1999-2011).

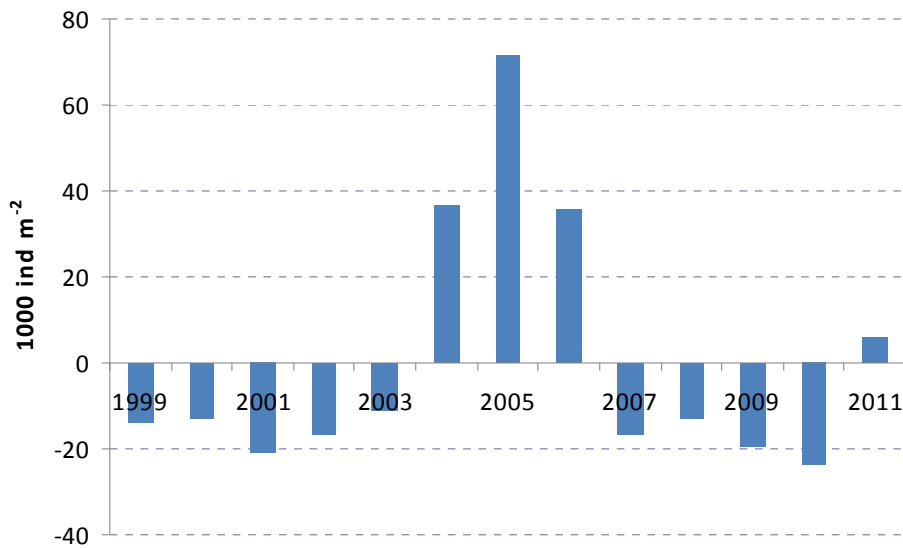


Figura 12. Desvio da densidade média anual (número de indivíduos m⁻²) do caranguejo-verde *Carcinus maenas* em relação à média do período monitorizado (1999-2011).

A comunidade ictíica tem sido dominada por uma espécie, o caboz-da-areia, *Pomastoschistus minutus*, cuja densidade tem vindo a apresentar uma tendência

decrecente desde o ano de 2004. Tal facto pode dever-se a uma competição com outra espécie *P. microps*, eventualmente melhor adaptado a flutuações ambientais, especialmente a menores valores de salinidade.

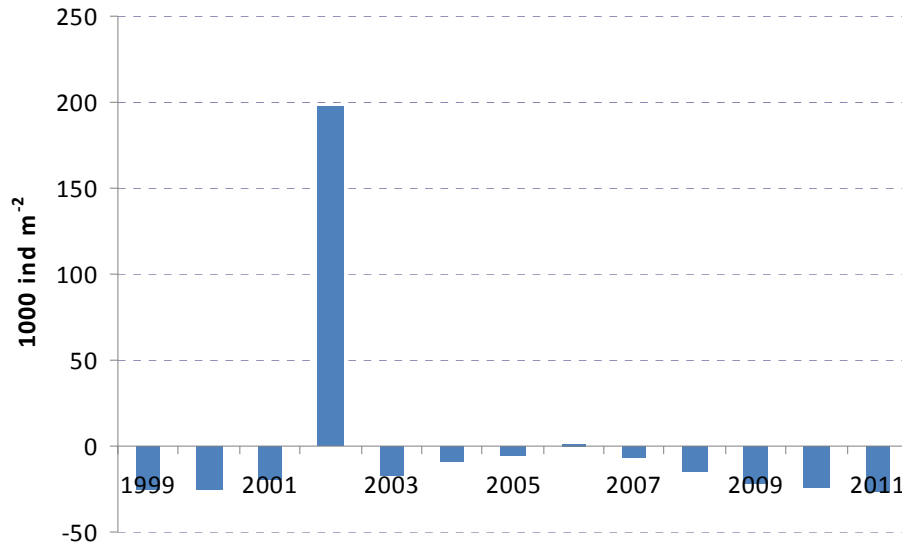


Figura 13. Desvio da densidade média anual (número de indivíduos m⁻²) do caboz-da-areia, *Pomastoschistus minutus* em relação à média do período monitorizado (1999-2011).

6. Contaminantes

6.1. organoclorados e metais

As concentrações de compostos organoclorados (bifenilos policlorados (tPCB)) estão dentro da média de valores encontrados na monitorização que tem vindo a ser realizada desde 1999 (Figura 14). O facto dos valores mais elevados ocorrerem nas amostragens de Outono e Inverno, sugere que tais valores podem resultar de escorrências das margens para o estuário. Convém, no entanto, referir que estes valores estão muito abaixo dos níveis admissíveis para consumo humano. Relativamente aos metais, a evolução temporal das concentrações de cádmio (Cd) e mercúrio (Hg), presente na figura 14, mostra que os teores determinados em 2011 estão dentro da amplitude encontrada embora os teores de Hg no camarão-mouro sejam dos mais elevados de toda a série temporal.

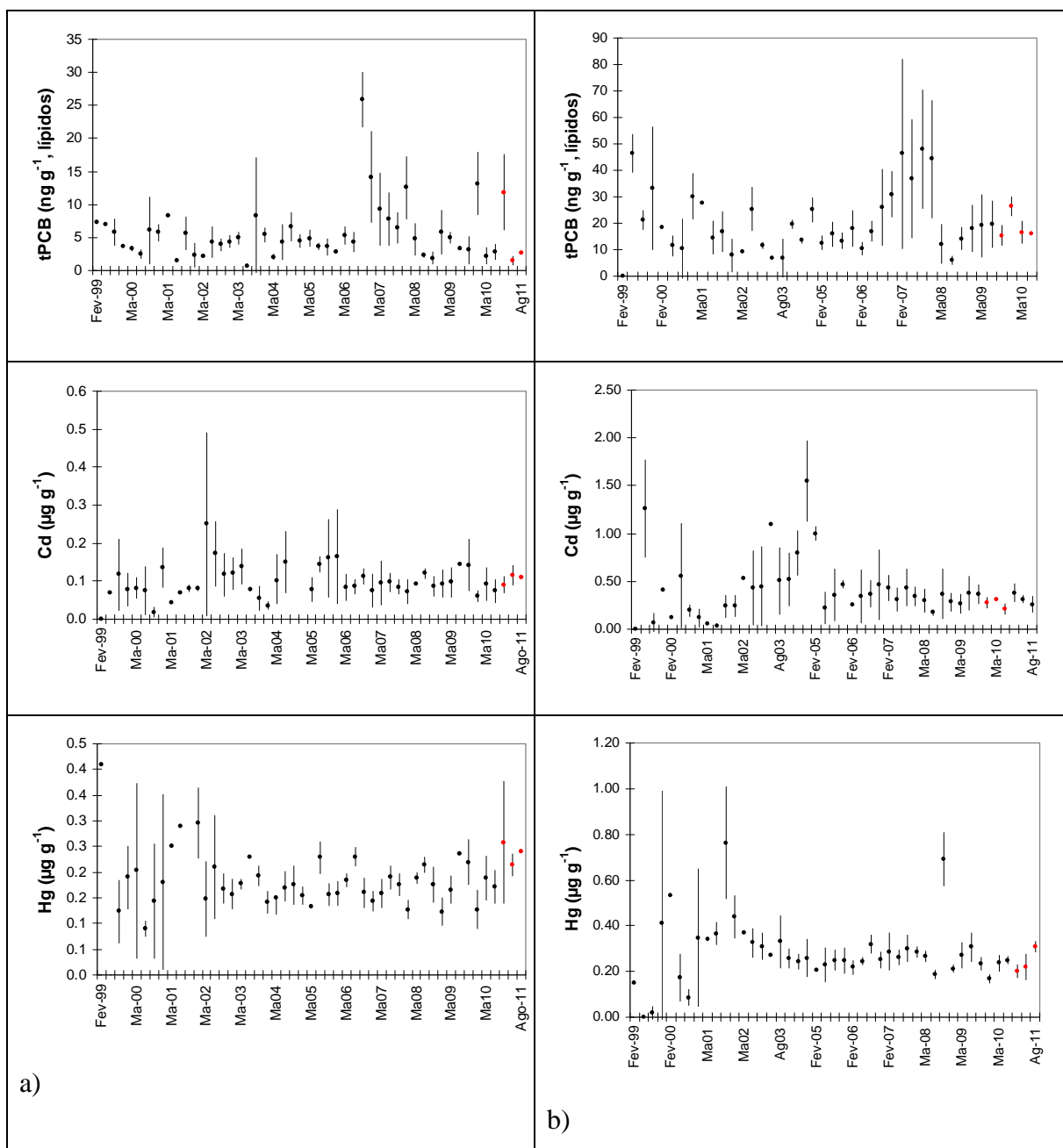


Figura 14. Concentrações de bifenilos policlorados (tPCB), cádmio (Cd) e mercúrio (Hg) no camarão-mouro *Crangon crangon* (a) e no caranguejo-verde *Carcinus maenas* (b) capturados entre 1999 e 2011.

6.2. dioxinas e furanos

A análise dos teores de dioxinas e furanos foi efectuada por um laboratório independente certificado pela Comissão Europeia.

A variação de concentração de dioxinas e furanos em plantas, foi efectuada nas estações 4A e 5 utilizando o líquene *Evernia prunastri*. Entre os anos de 2003 e 2011 colheu-se *Evernia prunastri* em diferentes locais entre eles, a Serra de Aires e Candeeiros, a Serra de Montemuro e a Serra da Malcata. Destes três locais, a Serra da Malcata foi o a que revelou valores mais baixos de dioxinas e furanos no material controlo, pelo que nos últimos anos o material tem sido recolhido nesta serra.

Nos primeiros anos de monitorização a estação 5 (Fábrica da Manteiga) revelou valores mais elevados de dioxinas e furanos, o que não se tem verificado nos últimos anos. Este facto não está necessariamente associado com um decréscimo de emissões destes compostos mas a alteração na localização do transplante. Como podemos verificar pela figura 15, em 2006 ocorreu o derrube do forófito inicial. Foi seleccionado um novo forófito que se encontra a uma altitude inferior daí o transplante se encontrar a uma altitude também inferior e por isso menos exposto.

Em 2011 verificaram-se concentrações de dioxinas e furanos, idênticas para as duas estações monitorizadas, 4A e 5, e para a amostra controlo. Assim, após 6 meses de exposição, o líquene *Evernia prunastri* apresentou valores na ordem dos 3,5 ng/Kg; e após 1 ano de exposição, os valores subiram para cerca dos 4,5 ng/Kg, revelando valores muito próximos do material controlo.

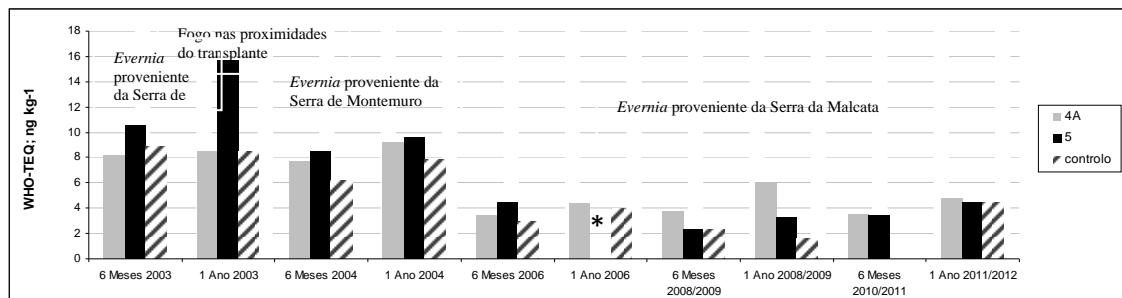


Figura 15. Concentrações de dioxinas e furanos (WHO-TEQ; ng kg⁻¹) após seis meses e um ano de exposição, entre 2003 e 2011. Refere-se a ocorrência do fogo na estação 5, os períodos de exposição e a origem do material para transplante. * Material extraviado.

Para a fauna (Figura 16), foi analisada a rã-verde *Rana perezi* (fauna terrestre), o camarão-mouro *Crangon crangon*, o caranguejo-verde *Carcinus maenas* e o caboz-da-areia *Pomatoschistus minutus*, estas últimas três espécies pertencentes à fauna estuarina.

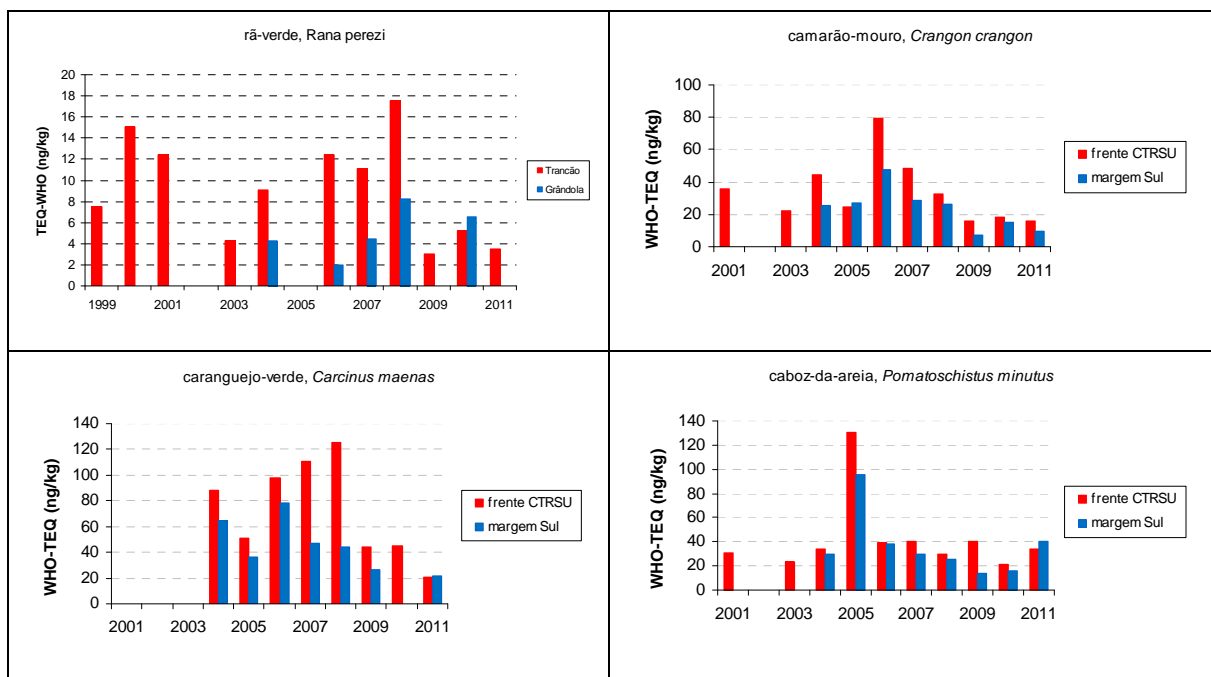


Figura 16. Teores de dioxinas e furanos determinados na rã-verde, no camarão-mouro, no caranguejo-verde e no caboz-da-areia.

No caso da rã-verde, os valores para a população do Trancão apresentam grandes flutuações em torno de uma média de $9,18 \text{ ng kg}^{-1}$, e até 2008 foram sempre claramente superiores aos valores obtidos para a população de Grândola, com uma média de $5,11 \text{ ng kg}^{-1}$. A partir de 2009, os valores de dioxinas no Trancão baixaram para um valor médio de $3,92 \text{ ng kg}^{-1}$, passando a ser comparáveis com os valores de Grândola (Figura16). Os animais analisados são recém-metamorfoseados, expostos aos agentes poluentes durante apenas 4 a 6 meses. Este esquema de amostragem permite-nos considerar os resultados de cada ano como amostras independentes e como indicadoras da poluição específica daquele ano, o que não aconteceria se a amostragem incluísse adultos, onde a acumulação de poluentes teria duração variável com a idade do indivíduo.

Embora na literatura não tenham sido encontrados valores de referência para anfíbios, o teor base de dioxinas determinado em ratos não submetidos a fontes poluidoras foi de 4 ng kg^{-1} (U.S. E.P.A., 1989). Este valor de referência é muito próximo do encontrado na população de Grândola, assim como na população do Trancão nos últimos 3 anos. Isto é uma indicação de uma diminuição dos níveis de poluição na envolvente à CTRSU nos

últimos três anos, indicando que a deposição de dioxinas e furanos na região do Trancão se aproximou dos valores de uma região pouco poluída.

Relativamente ao camarão-mouro (Figura 16), constata-se que, de 2003 a 2006, há uma tendência crescente nos teores de dioxinas encontrados no camarão-mouro mas, a partir de 2006, essa tendência é decrescente, apresentando o ano de 2009 os teores mais baixos da série de dados disponíveis. O ano de 2011 registou valores ligeiramente superiores aos de 2009 (16,2 ng kg⁻¹). Esta mesma tendência foi encontrada na população da margem sul (com os teores de 2011 também ligeiramente superiores aos de 2009), evidenciando que todo o ambiente estuarino tem estado sob influência de factores antropogénicos.

No caso do caranguejo-verde (*Carcinus maenas*), os teores de dioxinas e furanos determinados entre 2005 e 2008 revelam uma tendência crescente (Figura 16). Em 2009 e 2010 os valores oscilaram à volta dos 45 ng kg⁻¹ mas, em 2011, os valores foram os mais baixos de todo o período analisado. Os teores observados nos indivíduos capturados na margem sul, sendo proporcionalmente menores, não evidenciam o padrão da população da cala norte entre 2005 e 2009; pelo contrário, mostram uma tendência decrescente a partir de 2006, tendo em 2011 sido os mais baixos de sempre mas surpreendentemente superiores aos determinados para a estação frente à CTRSU.

O caboz-da-areia (*Pomatoschistus minutus*) foi a única espécie piscícola analisada. Esta espécie contraria a tendência decrescente verificada nas duas espécies de crustáceos analisadas. Com efeito, a partir do ano de 2005 em que se registaram teores de dioxinas e furanos extremamente elevados, a série de anos entre 2006 e 2011 indiciava uma tendência para alguma estabilidade à volta de um valor médio inferior a 40 ng kg⁻¹ (Figura 16). Em 2011, os teores encontrados nesta espécie situaram-se nos 34 ng kg⁻¹. Pelo contrário, na margem sul, assiste-se a uma tendência decrescente desde 2005, tendo os teores de 2009 sido os mais baixos de sempre para esta espécie. Em 2011, registou-se um aumento substancial para níveis semelhantes aos de 2006 e, mais uma vez, superiores aos determinados para a estação situada frente à CTRSU.

Em resumo, embora os valores encontrados na fauna terrestre e estuarina se enquadrem dentro da amplitude de valores registados para outras espécies em áreas intervencionadas e sujeitas a fontes poluidoras, convém realçar que algumas destas espécies (rã-verde e crustáceos) podem ser objecto de consumo humano e têm apresentado teores de dioxinas

acima dos valores de referência enquadrados pela legislação comunitária relativa às substâncias e produtos indesejáveis na alimentação animal.

7. Referências bibliográficas

- Basel B. 1985 – Lichens as indicators of air pollution (zone scales of Geneva). *Cellular and Molecular Life Sciences (CMLS)* **41** (4): 534 – 535.
- Bento-Pereira F. & C. Sérgio 1983. Líquenes e briófitos como bioindicadores da poluição atmosférica - II Utilização de uma escala quantitativa para Lisboa. *Revista de Biologia* **12**: 297-312.
- Carvalho P., Figueira R., Jones M., Sérgio C., Sim-Sim M. & Catarino F. 2002 - Dynamics of epiphytic lichen communities in an industrial area of Portugal. *Bibliotheca Lichenological* **82**: 175-185.
- Gaspar, M. 2010. Distribuição, abundância e estrutura demográfica da amêijoia-japonesa (*Ruditapes phillippinarum*) no Rio Tejo. IPIMAR, relatório técnico, Junho de 2010.
- Warwick, R. M. 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Mar. Biol.* **92**: 557-562